



I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Assistant Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on March 19, 2004

By Orlando Quiroz Date: March 19, 2004  
Orlando Quiroz

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Inventor(s): Wu Rong Zhang Group Art Unit:  
Application No.: 10/773,987 Examiner:  
Filed: Feb. 5, 2004  
Title: "System And Method Of Generating An Optimally-Repeated Turbo Code Stream"  
Atty Docket No.: 70030756-2

Commissioner For Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Enclosed is the Certified true copy of the Chinese patent application (priority document), in connection with our above-referenced patent application.

Respectfully submitted,

Wu Rong Zhang

By Thomas X. Li  
Thomas X. Li  
Reg. No. 37,079

Dated: March 19, 2004

Tel.: (650) 485-4881

Agilent Technologies Inc.  
Legal Department, DL 429  
Intellectual Property Administration  
P.O. Box 7599  
Loveland, CO 80537-0599

# 证 明

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日： 2003.11.25

申 请 号： 200310115430X

申 请 类 别： 发明

发明创造名称： 生成最优重复的特播码流的系统和方法

申 请 人： 安捷伦科技有限公司

发明人或设计人： 张武荣

中华人民共和国  
国家知识产权局局长

王 荣 川

2004 年 2 月 17 日

1. 一种生成输出码流的装置，包括：
  - 第一比特重复器，用于重复输入码流；
  - 5      第二比特重复器，用于重复所述输入码流的第一校验比特流；
  - 第三比特重复器，用于重复所述输入码流的第二校验比特流；
  - 复接器，被耦合到所述第一、第二和第三比特重复器以合并所述重复后的输入码流、重复后的第一校验比特流和重复后的第二校验比特流，以由所述输入码流及其校验比特流生成最优重复的所述输出码流。
- 10      2. 如权利要求 1 所述的装置，还包括：
  - 第一校验生成器，用于生成所述第一校验比特流；
  - 交织模块，用于交织所述输入码流；
  - 第二校验生成器，被耦合至所述交织模块，以基于所述交织后的输入码流生成所述第二校验比特流。
- 15      3. 如权利要求 2 所述的装置，其中所述第一和第二校验生成器中的每一个都是递归系统卷积码编码器。
  4. 如权利要求 1 所述的装置，还包括被耦合到所述第一、第二和第三重复器的控制模块，以向所述重复器中的每一个提供单独设置的重复率。
  5. 如权利要求 4 所述的装置，其中所述的重复器中的每一个的重复率
- 20      由所述控制模块设置，使得所述输出码流的传输速率与通信信道的传输速率相匹配，同时所述输出码流是最优重复的，其中所述通信信道将所述输出码流传输到解码器。
  6. 一种从输入码生成最优重复的输出码的方法，包括
    - 单独地并相互独立地重复所述输入码、所述输入码的第一校验比特流
    - 25      和所述输入码的第二校验比特流，使得当合并所述的重复后的输入码、重复后的第一校验比特流和重复后的第二校验比特流以生成所述输出码时，获得最优性能；
    - 合并所述重复后的输入码、重复后的第一校验比特流和重复后的第二校验比特流以生成所述输出码。

7. 如权利要求 6 所述的方法，还包括  
由第一递归卷积码编码器生成所述第一校验比特流；  
交织所述输入码；以及  
由第二递归卷积码编码器由所述交织后的输入码生成所述第二校验比特流。
- 5 特流。
8. 如权利要求 6 所述的方法，还包括  
单独地并相互独立地确定所述输入码、第一校验比特流和第二校验比特流中每一个的重复率，使得所述输出码流的传输速率与通信信道的传输速率相匹配，同时所述输出码流是最优重复的，其中所述通信信道将所述
- 10 输出码流传输到解码器。

## 生成最优重复的特播码流的系统和方法

## 5 技术领域

本发明涉及纠错编码。更具体地，本发明涉及由信息码流及其校验比特流生成最优重复的码流的系统和方法。

## 背景技术

- 10 一种并行卷积码通常被称为 Turbo 码（特播码）。Turbo 码属于一类相对较新的前向差错控制码，其为功率受限的通信信道提供显著的编码增益。Turbo 码通常在相对较低的  $E_b/N_0$ （即比特能量与噪声密度之比）比上实现可靠的通信。当信号的信号功率固定时，较高的  $E_b/N_0$  比意味着该信号包含低噪声，而较低的  $E_b/N_0$  值表示了高噪声级。在受干扰影响的蜂
- 15 窝无线通信系统中，较低的  $E_b/N_0$  要求导致更高的系统容量。

- 通常利用对相同信息比特的不同排序进行操作的两个或更多的递归系统卷积（RSC）编码器生成 Turbo 码。图 1 示出了一种这样的现有技术的 Turbo 码编码器 10。从图 1 可以看出，编码器 10 包括 RSC 编码器 13 和 14。RSC 编码器 13 由信息比特  $S$  生成第一校验比特流  $P_1$ 。将 RSC 编码器
- 20 14 连接到交织器 15 以由交织器 15 所交织的信息比特  $S$  生成第二校验比特流  $P_2$ 。然后通过复接器 12 将信息比特  $S$  与第一和第二校验比特  $P_1$  和  $P_2$  复接在一起以形成输出码流。接着可以将所述的码通过通信信道 30 发送到解码器 20。

- 为了使编码器 10 的速度与通信信道 30 的速度相匹配，需要重复在复
- 25 接器 12 中生成的 Turbo 码中的某些比特以调节编码器 10 的输出码流的传输速度。由码重复器 11 来执行此码重复功能。但是，这种码重复方案具有若干缺点。一个缺点是重复器 11 不加区别地重复信息比特和校验比特。这意味着总是对整个码比特流进行重复，而不管所要重复的比特是信息比特还是校验比特。并且也不管这种重复是等间隔的均匀重复还是根据

某些复杂的重复方案，就重复整个码比特流。众所公知，校验比特流和信息比特流的权重分布不一定相同，并且希望将更多的能量分配给对纠错能力有更大贡献的比特流。上述不加区别的重复常常降低所重复的 Turbo 码的 BER（即误码率）性能。BER 衡量所传输的全部比特中的差错比特的百分率，因此表明了通信可靠性。

因此，需要提供这样一种 Turbo 码编码器，它生成最优重复的 Turbo 码流，以实现最大程度提高的 BER 性能。

### 发明内容

10 本发明的一个特征是由输入码及其校验比特流生成最优重复的输出码流。

一种生成输出码流的装置，包括：第一比特重复器，用于重复输入码流；第二比特重复器，用于重复所述输入码流的第一校验比特流；以及第三比特重复器，用于重复所述输入码流的第二校验比特流。复接器被耦合到所述第一、第二和第三比特重复器以合并重复后的输入码流、重复后的第一校验比特流和重复后的第二校验比特流，以由所述输入码流及其校验比特流生成最优重复的所述输出码流。

一种从输入码生成最优重复的输出码流的方法，包括下述操作，即单独地并相互独立地重复所述输入码、所述输入码的第一校验比特流和所述输入码的第二校验比特流，使得当合并重复后的输入码、重复后的第一校验比特流和重复后的第二校验比特流以生成所述输出码时，获得最优性能。然后合并重复后的输入码、重复后的第一校验比特流和重复后的第二校验比特流以生成所述输出码流。

### 附图说明

图 1 示出了具有比特重复的现有技术的 Turbo 码编码器；

图 2 示意性地示出了实现本发明的一个实施例的 Turbo 码编码器；

图 3 示出了 BER 性能与分配给 Turbo 码比特流中信息比特的重复的百分率的关系，图示了在信息比特和校验比特之间的比特重复的最优分配；

图 4 进一步示出了图 2 中 Turbo 码编码器的 BER 性能。

### 具体实施方式

图 2 示出了根据本发明的一个实施例的生成最优重复的 Turbo 码比特流 T 的 Turbo 码编码器 40。图 2 还示出了 Turbo 码解码器 60，该 Turbo 码解码器 60 被可操作地连接以接收从 Turbo 码编码器 40 通过通信信道 50 传输的 Turbo 码比特流 T。

如将在下面更详细地并根据本发明的一个实施例所描述的，编码器 40 包括第一比特重复器 42，用于将输入码流（即信息比特 S）重复成为重复后的信息比特流 S'。编码器 40 还包括第二比特重复器 43，用于将输入码流的第一校验比特流（即校验比特）P<sub>1</sub> 重复成为重复后的第一校验比特流 P<sub>1</sub>'。编码器 40 还包括第三比特重复器 44，用于将输入的码流的第二校验比特流（即校验比特）P<sub>2</sub> 重复成为重复后的第二校验比特流 P<sub>2</sub>'。重复器 42 至 44 中的每一个具有各自的比特重复率（即 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 或 R<sub>3</sub>），其中所述比特重复率由控制模块 48 设置。控制模块 48 根据下列因素确定比特重复率 R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 或 R<sub>3</sub>：（1）通信信道 50 的数据速率（或数据传输速率）；以及（2）重复后的输出比特流的理想的或最优化的 BER（即误码率）性能，以使编码器 40 的输出 Turbo 码流 T 是最优重复的。

随后，复接器 41 被连接到重复器 42 至 44 以将重复后的比特流 S'、P<sub>1</sub>' 和 P<sub>2</sub>' 合并在一起以生成最优重复的 Turbo 码流 T，最优重复 Turbo 码流 T 随后通过通信信道 50 被传输到解码器 60。此 Turbo 码流 T 的数据速率与通信信道 50 的数据速率相匹配。根据本发明的一个实施例的 Turbo 码编码器 40 将在下面更详细地并结合图 2 至图 4 进行讨论。

再次参考图 2，Turbo 码编码器 40 可以被用于任何 Turbo 码通信系统。例如，Turbo 码编码器 40 可以用于在任何 3GPP 的框架下开发的第 3 代无线移动通信系统。3GPP 是指第 3 代伙伴项目（the 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project），其细节可以查看 [WWW.3GPP.ORG](http://WWW.3GPP.ORG)。

Turbo 码编码器 40 可以由软件、固件（例如，可编程 ASIC）、硬件或其结合来实现。在一个实施例中，Turbo 码编码器由软件实现。在另一

个实施例中，Turbo 码编码器 40 以硬件或固件形式实现。

从图 2 可以看出，Turbo 码编码器 40 接收信息比特流 S 并输出 Turbo 码流 T。信息比特流 S 也可以称为系统比特或信息比特。信息比特流 S 是 Turbo 码编码器 40 的输入，并由此将信息比特输入编码器 40。信息比特流 S 可以用  $S = (s^1, s^2, \dots, s^M)$  的格式来表示。在一个实施例中，信息比特流 S 包含多个固定长度的帧，其中每一帧具有 M 比特。

图 2 中示出的编码器 40 示意性地表示了 1/3 码率的 Turbo 码编码器。这意味着 Turbo 码流 T 具有下面的格式。当被 Turbo 编码的信息比特流 S 的数量为 M 时，来自编码器 40 的 Turbo 码流 T 的比特量为  $3M+K$ ，其中 K 表示尾比特。因为尾比特 K 与本发明的实施例无关，所以下面就不对其进行更详细地说明了。

Turbo 码流 T 的第一部分是信息比特流 S 本身。Turbo 码流 T 的第二部分包括重复后的第一校验比特流  $P_1'$ ，Turbo 码流 T 的第三部分包括重复后的第二校验比特流  $P_2'$ 。下面将描述通过 Turbo 码编码器 40 生成 Turbo 码流 T。

信息比特流 S 被提供给第一 RSC（递归系统卷积）码编码器 45，以生成第一校验比特（或比特流） $P_1$ 。第一校验比特（或比特流） $P_1$  用  $P_1 = (p1^1, p1^2, \dots, p1^M)$  的格式来表示。

此外，信息比特流 S 通过交织器 47 被提供给第二 RSC 码编码器 46。交织器 47 按照 Turbo 码编码器 40 的用户所设置的预定方式排列所述信息比特 S。所交织或排列的信息比特随后被提供给 RSC 码编码器 46 以生成第二校验比特流  $P_2$ 。第二校验比特流  $P_2$  用  $P_2 = (p2^1, p2^2, \dots, p2^M)$  的格式来表示。RSC 码编码器 45 和 46 中的任何一个都可以由任何已知的 RSC 码编码器实现。下面将不对任何已知的 RSC 码编码器的结构和操作进行更详细地说明。交织器 47 的结构和操作是已知的，下面就不进行更详细的说明了。

信息比特流 S、第一校验比特流  $P_1$  和第二校验比特流  $P_2$  随后被单独并分别地提供给重复器 42 至 44 中的一个。这意味着重复器 42 至 44 中的每一个接收比特流 S、 $P_1$  和  $P_2$  中的一个。换句话说，信息比特流 S 被提供给



重复器 42 以生成重复后的信息比特流  $S'$ 。第一校验比特流  $P_1$  被提供给重复器 43 以生成重复后的第一校验比特流  $P_1'$ 。第二校验比特流  $P_2$  被提供给重复器 44 以生成重复后的第二校验比特流  $P_2'$ 。

从图 2 可以看出，重复器 42 至 44 中的每一个从控制模块 48 中接收其各自的单独设置的重复率（例如， $R_1$ 、 $R_2$  或  $R_3$ ）。信息比特流  $S$  与第一和第二校验比特流  $P_1$  和  $P_2$  的单独重复使得在 Turbo 码编码器 40 输出端的 Turbo 码流  $T$  是最优重复的，以在使 Turbo 码流  $T$  的传输速率与通信信道 50 的数据传输速率相匹配的同时，实现 Turbo 码流  $T$  的 BER 性能的最大程度提高。这允许编码器 40 控制对信息比特  $S$  与第一和第二校验比特  $P_1$  和  $P_2$  进行重复的比特量，并将对重复的最优分配提供给 Turbo 码比特流中的信息比特和校验比特。换句话说，利用控制模块 48 的控制，重复器 42 至 44 可以调整 Turbo 码流  $T$  的重复模式。

这意味着根据本发明的一个实施例的分别重复信息比特与第一和第二校验比特（即， $S$ 、 $P_1$  和  $P_2$ ）的上述机制允许对信息比特、第一校验比特和第二校验比特所要重复的比特量进行控制。如上所述，校验比特流和信息比特流的权重分布不一定相同。应该将更多的能量指配给对纠错能力有更大贡献的比特流，以提高（或避免降低）Turbo 码的 BER 性能。因此，分配给信息比特  $S$  与第一和第二校验比特  $P_1$  与  $P_2$  的用于重复的比特需要最优化。

图 3 示出了在仿真中 BER 性能与分配给 Turbo 码流中信息比特的重复的百分率的关系，图示了在对信息比特和校验比特之间的比特重复的最优分配的需求或结果。在此仿真中，用于仿真的生成 Turbo 码的编码器的交织长度是 2896，且重复率是  $2/3$ 。Eb/No 被设置为 1.45bd。此外，最大后验（MAP）型算法被用于解码 Turbo 码比特。MAP 算法被用于 Turbo 解码器，以生成对已经被编码成码字的信息比特的后验概率估计。这些概率估计被用作第二 MAP 解码器的先验比特概率。

从图 3 可以看出，曲线 80 示出了 BER 值与分配给信息比特  $S$  的比特重复的百分率的关系。水平轴上的值表示以因子 3 计算的分配给信息比特的重复的百分率。第一和第二校验比特之间所分配的重复的百分率是相同

的。因而，0 表示所有重复都被分配给两个校验比特，而 3 表明所有的重复都在信息比特上进行。显然，当这个值等于 1 时，对信息比特、第一校验比特和第二校验比特等同地进行重复。

如图 3 所示，BER 曲线 80 是“V”字形的，其底部表明对信息比特和校验比特的重复分别达到了最优分配。如果 BER 值很高，意味着通信质量低或差。图 3 示出了当所有重复都被应用到系统比特时，BER 性能显著下降。这表明应该避免信息比特的过量重复。

图 4 进一步示出了由图 2 的 Turbo 码编码器生成的 Turbo 码的 BER 性能的改善。图 4 示出了 BER 值与  $E_b/N_0$  值的关系。图 4 示出了三种情况。曲线 90 表示其中只有第一和第二校验比特被重复的情况。曲线 92 表示其中只有信息比特被重复的情形，而曲线 91 表示信息比特和校验比特都使用带重复的速率匹配算法进行重复，其中所述算法由 3GPP 技术规范 25.212 (3.b.0 版) 规定。在此仿真中，交织长度是 3856，重复率是 0.073。

从图 4 可以看出，曲线 90 表示在此三种情况之中的最佳 BER 性能，曲线 92 表示此三种情况之中的最差 BER 性能。而曲线 91 没有提供最佳结果。

回过头参考图 2，上述的机制对于 Turbo 编码比特流实现了对信息和校验比特进行重复的最优分配。这也避免了任何由信息比特 S 的过量重复所引起的 Turbo 码流 T 的 BER 性能的显著下降。此外，如果单独地考虑信息比特、第一校验比特和第二校验比特，则所重复的比特是均匀分布的。

复接器 41 接收重复后的信息比特流  $S'$ 、重复后的第一校验比特流  $P_1'$  和重复后的第二校验比特流  $P_2'$ ，以生成输出 Turbo 码流 T。Turbo 码流 T 是通过通信信道 50 被随后发送到解码器 60 的单比特串行比特流。这意味着复接器 41 使三个码流 S、 $P_1$  和  $P_2$  串行化而形成了 Turbo 码流 T。复接器 41 可以使用任何已知的复接技术实现。

控制模块 48 根据下列因素确定比特重复率  $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$ ：（1）通信信道 50 的数据速率（或数据传输速率）；以及（2）重复后的输出比特流的理想的或最优化的 BER（即误码率）性能，以使得编码器 40 的输出

Turbo 码流 T 是最优重复的。可以使用任何已知的方法实现控制模块 48。

控制模块 48 通过下面的方式确定比特重复率  $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$  中的每一个。首先，假设 Turbo 码流 T 的每一帧的帧长度是 X，信息比特流 S 与第一和第二校验比特流  $P_1$  和  $P_2$  中的每一个都具有相等的长度，其中所述长度为 X/3。控制模块 48 随后确定对于 Turbo 码流 T 所要重复的比特总量（即，N）。如上所述，所要重复的比特总量 N 取决于通信信道 50 的数据传输速率或速度。

一旦确定所要重复的比特的总量 N，控制模块 48 就基于产生最佳 BER 性能的分配方案，确定所要重复的信息比特的量以及第一和第二校验比特的量。控制模块 48 找出在所述三个比特流之间的最佳分配，以获得 Turbo 码流 T 的最佳 BER 性能。

在重复率  $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$  中每一个的分别控制下，重复器 42 至 44 中的每一个获得信息比特流 S 以及第一和第二校验比特流  $P_1$  和  $P_2$  中每一个当中的重复比特，并随后在各个比特流中分配这些重复比特。

许多已知的方法可以用于分配重复比特。在一个实施例中，由 3GPP 技术规范 25.212（3.b.0 版）规定的带重复的速率匹配算法被用来均匀地分配重复比特。在另一实施例中，所述重复可以如下所述进行。首先，从任意位置开始第一重复。接着，将剩余的重复比特置于剩余比特流中。所述重复比特应具有相等的间隔。采用 1/3 码率 Turbo 码作为示例进行了上面的描述。同样的原理适用于任何  $1/N$ （ $N>3$ ）的 Turbo 码。

在前述的说明中，参考其具体的实施例对本发明进行了描述。因此所述的说明和附图应该被看成是示例性的，而不具有限制意义。

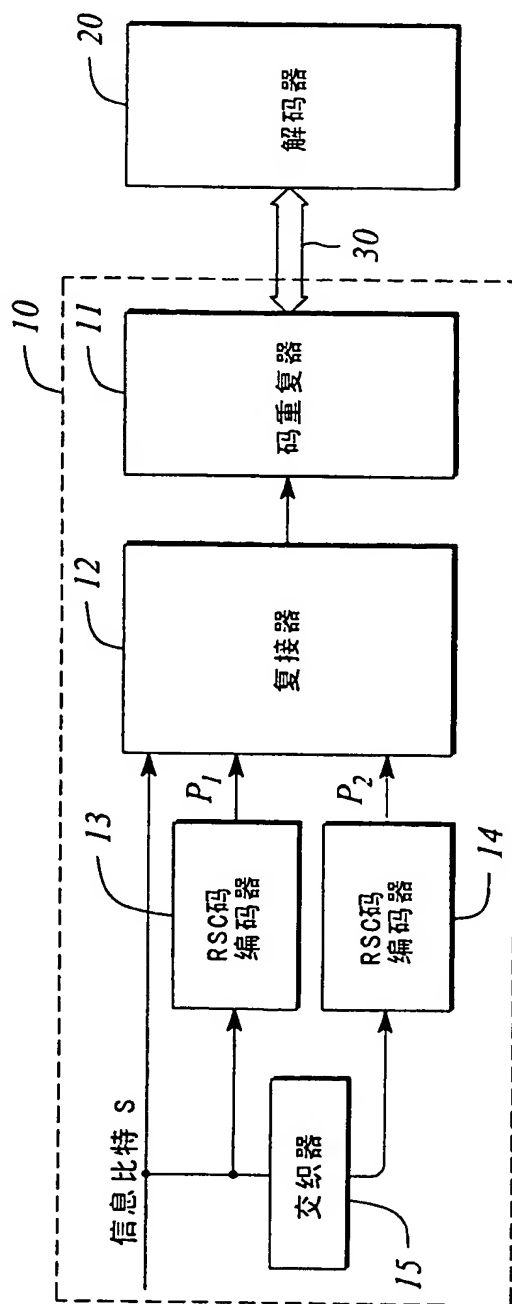


图1

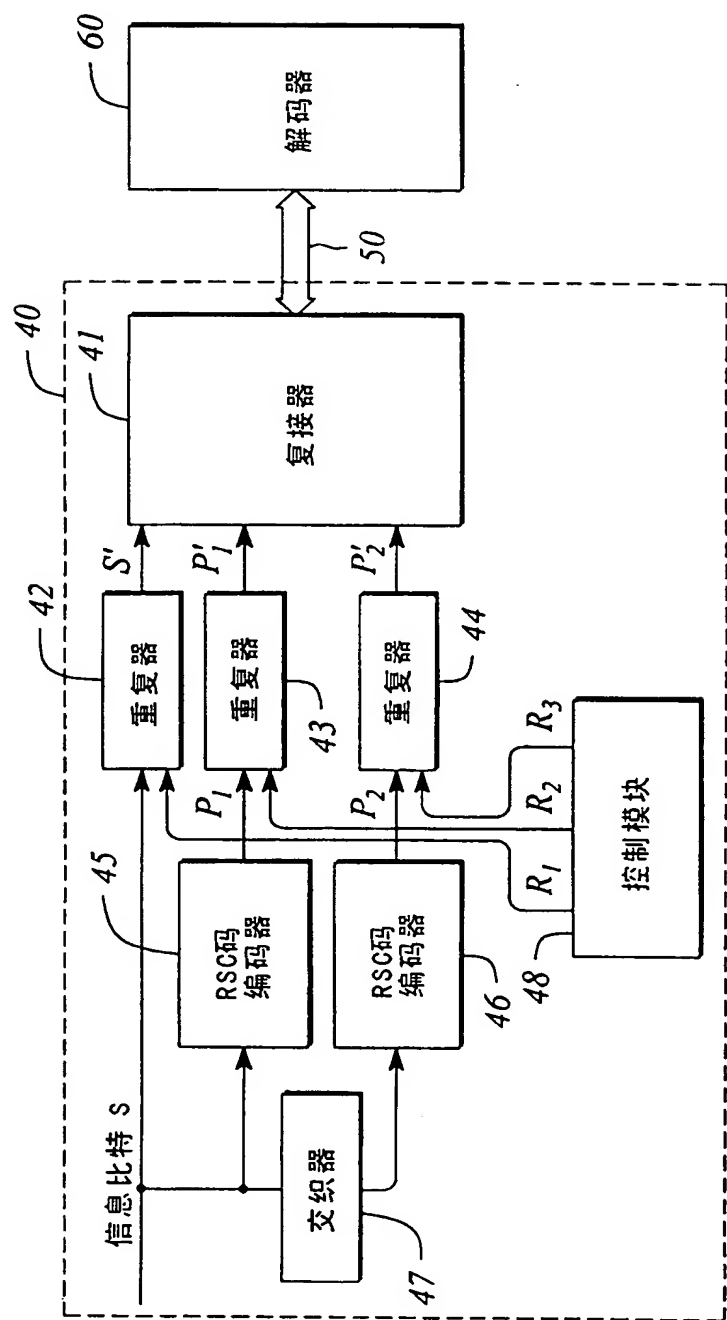
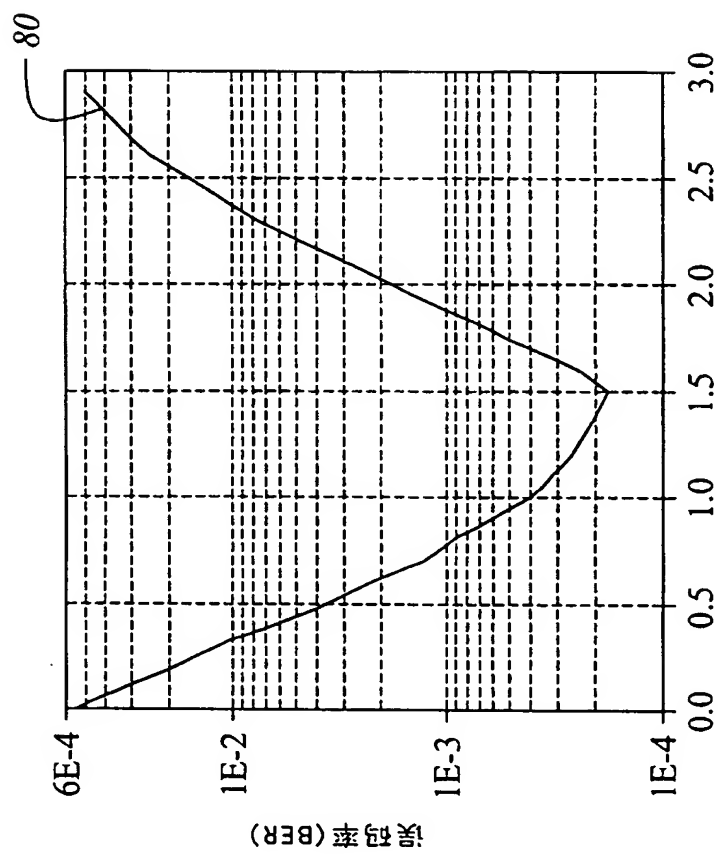


图2



对信息比特进行重复的百分率

图3

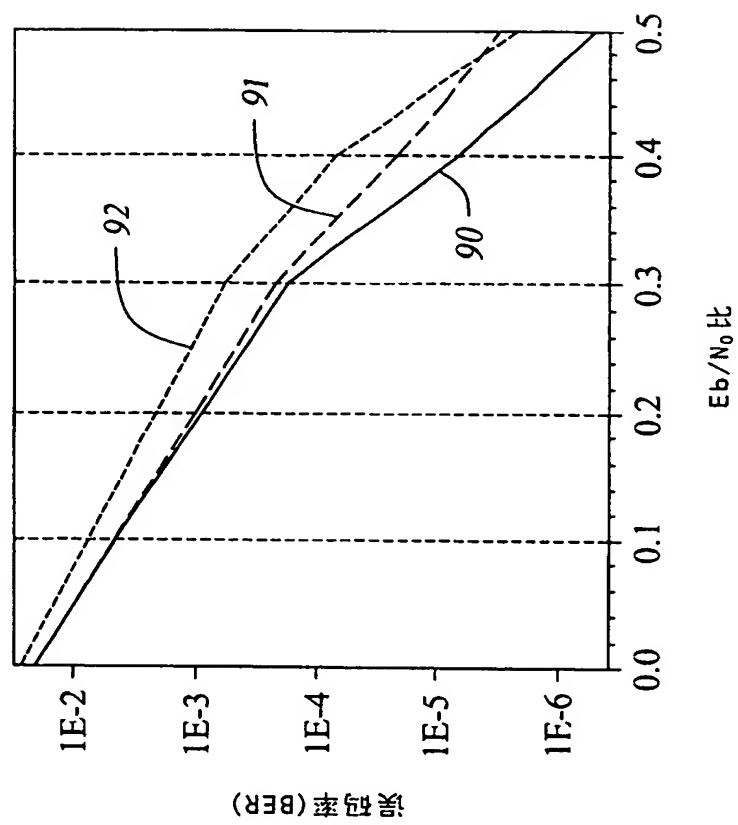


图4